原 著

小児脳動静脈奇形に対するガンマナイフ治療

周 藤 高 松 永 成 生 末 永 潤
猪 森 茂 雄 藤 野 英 世

Gamma Knife Radiosurgery for Pediatric Arteriovenous Malformation

by

Takashi Shuto, M.D., Shigeo Matsunaga, M.D., Jun Suenaga, M.D.,
Shigeo Inomori, M.D., and Hideyo Fujino, M.D.

from

Department of Neurosurgery, Yokohama Rosai Hospital

We retrospectively studied 43 patients with pediatric cerebral arteriovenous malformation, 15 boys and 28 girls aged 4 to 15 years (mean 11.7 years), who underwent gamma knife radiosurgery (GKS) at our hospital. The mean nidus volume was 4.5 ml (0.1~17 ml), and the mean prescription dose at the nidus margin was 19.9 Gy (12~25 Gy). The actuarial obliteration rate was 50.0% at 3 years and 80.0% at 5 years, based on angiography in 24 patients and magnetic resonance (MR) imaging in 4 patients. The delivered peripheral dose tended to be correlated with obliteration rate ($p=0.09$). Fourteen of the 43 patients developed radiation-induced change in the brain tissue on follow-up MR imaging, and 4 of these 14 patients were symptomatic. Eight of the 14 patients with edema of the brain tissue required steroid therapy. None suffered permanent neurological complication. Three of the 43 patients suffered postradiosurgical hemorrhage. No patient developed long-term complication such as cyst formation or chronic encapsulated expanding hematoma. These findings suggest that GKS is effective for the treatment of pediatric cerebral arteriovenous malformation, especially if located in deep or eloquent areas. In contrast, we recommend direct surgery for cerebral arteriovenous malformation in surgically accessible regions because of the relatively high rate of radiation-induced change of brain tissue on follow-up MR imaging.

(Received June 18, 2007; accepted August 1, 2007)

Key words : arteriovenous malformation, pediatric, childhood, radiosurgery, gamma knife

Jpn J Neurosurg (Tokyo) 17 : 130-136, 2008

緒 言

脳動静脈奇形に対するガンマナイフの有効性はすでに確立されている⁹⁾¹²⁾¹⁶⁾¹⁷⁾。成人例では、出血発症のほか、脳ドッグや頭部外傷精査の際に脳動静脈奇形が偶然に発見されることが少なくない²¹⁾。出血した際の重篤な morbidity は約 30%, mortality は 10~30% と考えられており³⁾¹⁶⁾、小児例においてはその多くが出血発症であるこ

とや、生涯出血率が高い¹⁰⁾¹³⁾と考えられることから、小児脳動静脈奇形は治療の必要性が高いといえる。小児脳動静脈奇形に対するガンマナイフの治療成績に関する報告は散見されるが²⁾¹⁵⁾¹⁸⁾¹⁹⁾、いまだ十分とはいえない。また小児例が成人例に比して多くの相違点を有することから、疫学的に別の clinical entity であるとする報告もみられる¹⁴⁾。

本稿ではガンマナイフ治療を行った小児脳動静脈奇形

横浜労災病院脳神経外科／〒222-0036 横浜市港北区小机町 3211〔連絡先：周藤 高〕

Address reprint requests to: Takashi Shuto, M.D., Department of Neurosurgery, Yokohama Rosai Hospital, 3211 Kozukue-cho, Kouhoku-ku, Yokohama, Kanagawa 222-0036, Japan

Table 1 Comparison of pediatric and non pediatric arteriovenous malformation

		60 pediatric patients	550 non pediatric patients	p value
Sex	Male	38.3%	58.5%	0.0027
	Female	61.7%	41.5%	
Location	Superficial	80.0%	74.5%	0.35
	Deep seated	20.0%	25.5%	
Onset	Bleeding	76.7%	50.0%	0.0019
	Others	23.3%	50.0%	
Nidus volume	<5 ml	63.3%	74.1%	0.13
	5~10 ml	25.0%	15.3%	
	>10 ml	11.7%	10.6%	

Table 2 Summary of Spetzler-Martin grade and nidus location

Nidus location	I	II	III	IV	V	operation (+)	embolization (+)
Frontal (13)	4	5	2	2	0	3	3
Temporal (6)	3	3	0	0	0	0	1
Parietal (4)	1	1	2	0	0	0	1
Occipital (4)	1	1	2	0	0	1	2
Cerebellum (4)	2	1	1	0	0	1	0
Basal ganglia (3)	0	0	2	1	0	0	1
Thalamus (5)	0	0	3	2	0	0	0
Others (4)	0	2	2	0	0	0	0

の自験治療成績について検討し、本疾患に対するガンマナイフの位置づけについて考察を加え報告する。

方 法

当院で1992年2月以降ガンマナイフを行った脳動静脈奇形は610例である。本稿では、ガンマナイフ治療時の年齢が15歳以下のものを小児例と定義した。小児および非小児例の疫学的相違の解析には、小児60例、非小児550例を対象とした。また、ガンマナイフによる治療成績の解析には、照射後2年以上のフォローアップが可能であった小児脳動静脈奇形43例を対象とした。ナイダスの局在および体積、Spetzler & Martin grade、治療時の辺縁線量、周辺脳浮腫や嚢胞形成などの合併症出現や経過中のステロイド使用の有無、最終治療成績およびその確認法などについて検討した。当院フォローアップ例は診療録から、他院フォローアップ例は紹介医にアンケートを送付し、調査を行った。ナイダス閉塞に関与する因子の統計学的解析として、単変量解析にはlog-rank testを、多変量解析にはロジスティック回帰分析を用い、 $p < 0.05$ を統計学的有意と判断した。多変量解析においては、独立変数として性差、ガンマナイフ治療時の年齢(連続変数)、ナイダスの局在(テント上下)、ナイダス体

積(5ml以下あるいは以上)、辺縁線量(連続変数)、ガンマナイフ治療前の塞栓術あるいは開頭術の有無を解析した。

結 果

小児60例、非小児550例を対象とした疫学的解析結果をTable 1に示す。小児例では女児が有意に多く($p = 0.0027$)、また非小児例に比して出血発症が多かった($p = 0.0019$)。ナイダスの局在および照射時の体積に差はみられなかった。

ガンマナイフによる治療成績の解析対象は43例(男児15例、女児28例)で、平均年齢は11.7歳(4~15歳)、フォローアップ期間は24~144カ月(中央値:49カ月)であった。脳動静脈奇形が発見された契機は、出血発症が35例、頭部打撲あるいは頭部外傷の精査の過程でincidentalに発見されたものが4例、痙攣や虚血症状が3例、頭痛精査の過程が1例であった。

ナイダスの局在をTable 2に示す。8例で前医において塞栓術が施行され、残存ナイダスに対するガンマナイフ目的に当科を紹介されていた。5例においてガンマナイフ治療前に開頭術が行われていた。

照射時のナイダス体積は平均4.5ml(0.1~17ml)、辺

Fig. 1 Kaplan-Meier curve of overall obliteration rate following gamma knife radiosurgery.

Fig. 2 Kaplan-Meier curves of nidus obliteration rate in patients with various Spetzler & Martin grades following gamma knife radiosurgery. There was no significant correlation between the groups.

Table 3 Multivariate analysis using logistic regression model

Factor	Tested for favorable outcome	Univariate analysis	Multivariate analysis
Sex	male	0.86	0.44
Age	lower age	0.84	0.87
Nidus location	supratentorial	0.71	0.66
Nidus volume	less than 5 ml	0.06	0.12
Marginal dose	high dose	0.06	0.09
Pre GKS embolization	(+)	0.71	0.31
Pre GKS operation	(+)	0.97	0.99

縁線量は平均 19.9 Gy (12~25 Gy), Spetzler & Martin grade は I : 11 例, II : 13 例, III : 14 例, IV : 5 例であった。7 例において全身麻酔下にガンマナイフを行った。照射後 3 年での累積完全閉塞率は 50.0%, 5 年で 80% であった (Fig. 1)。最終フォローアップ時の転帰は、血管造影上の閉塞 24 例, MRI 上の閉塞 (flow-void 消失) 4 例, 部分閉塞 15 例であった。完全閉塞は本来、血管撮影により確認すべきものであるが、考察の中で後述するように、小児例では確認のための血管撮影が先延ばしになることも多く、このため本解析においては MRI 上での完全な flow-void の消失を閉塞例に含めた。

5 例において複数回のガンマナイフ (2 回 4 例, 3 回 1 例) が行われており、うち 1 例で完全閉塞が得られた。3 回行った例は、基底核部のナイダス体積が約 12 ml の症例で、3 回目のガンマナイフ時の残存ナイダスは 0.4 ml 程度であるが、本稿執筆時は完全閉塞までの待機期間中である。ナイダス体積別の閉塞率は 5 ml 未満 82.1%, 5~10 ml が 55.6%, 10 ml 以上が 50% であった。これら 3 群間では有意差はみられなかったが ($p=0.14$: log-rank test), 5 ml 未満および 5 ml 以上の 2 群に分ける

と、前者において有意に閉塞率が良好であった ($p=0.04$: log rank test)。Spetzler & Martin grade と閉塞率に相関はみられなかった (Fig. 2)。

性、年齢、ナイダスの局在および体積、辺縁線量、照射前手術および塞栓術の有無を独立変数として、ナイダス完全閉塞に関する単変量および多変量解析を行ったが、多変量解析において辺縁線量のみが完全閉塞に関与する傾向にあったものの、有意差を得るには至らなかった ($p=0.09$) (Table 3)。

経過中 MRI T2 強調画像上の高信号域出現は、43 例中 14 例 (32.6%) で照射後平均 14.5 カ月に確認され、この高信号域消失までは平均 9.5 カ月を要した。そのうち 4 例が症候性であり、運動麻痺が 3 例、痙攣が 1 例に生じたが、いずれも一過性であった。すなわち症候性脳浮腫は全体の 9.3% (43 例中 4 例) に生じた。周辺脳浮腫を生じた 14 例のうち 8 例 (57.1%) でステロイドを一時的に使用した。このうち 3 例で満月様顔貌やステロイド挫瘡を生じたが、感染や消化管出血などの重篤な合併症をきたした例はなかった。

ガンマナイフ後の出血は 3 例 (7.0%) に生じた。1 例

Table 4 Summary of results of gamma knife radiosurgery for children/adolescents AVMs

Author	No. of patients	age	nidus volume (ml)	peripheral dose (Gy)	obliteration rate	complication rate
Shin M ¹⁹⁾	100	median 15	median 1.8	median 20	84.1%	4.0%
Cohen-Gadol AA ²⁾	38	median 15	median 3.4	median 20	68.0%	2.6%
Nicolato A ¹⁵⁾	92	median 14	median 2.93	median 22	85.5%	1.3%
Reyns N ¹⁸⁾	100	median 12	mean 2.8	mean 23.0	70.0%	5.0%
Our series	43	mean 11.7	mean 4.5	mean 19.9	80.0%	9.3%*

*including temporary neurological symptom.

A/B

Fig. 3 A : Left carotid angiogram of a 15-year-old girl with left thalamic hemorrhage demonstrating arteriovenous malformation. The nidus volume was about 12 ml.

B : Left carotid angiogram 3.5 years after gamma knife surgery with a marginal dose of 12 Gy showing complete disappearance of the nidus.

は脳室内出血を生じたが、保存的治療により神経脱落症状をきたすことなく改善し、2例は定期的な画像フォローアップにより発見された無症候性小出血であった。これら3例のうち1例ではその後に完全閉塞が得られたが、他の2例においては初回照射により完全閉塞に至らず、本稿執筆時は再照射後の待機期間中である。

43例中20例がSpetzler & Martin gradingにおける、いわゆる eloquent area に相当したが、永続的な神経学的合併症はみられなかった。完全閉塞が得られた23例のその後の平均フォローアップ期間は38.5カ月（最長97カ月）であり、経過観察期間は十分とはいえないが、自験例においては嚢胞形成などの長期合併症はみられなかった。

考 察

Nicolato ら¹⁴⁾は、21歳未満である75例の非成人例と297例の成人例の脳動静脈奇形を比較し、両群間にみられた有意な差として、非成人例は女児に多く ($p=0.015$)、出血発症が約7割を占め ($p=0.001$)、ナイダスの局在が深部のものが約3割と多い ($p=0.008$) ことを指摘し、両者は2つの異なる clinical entity と考えるべきと述べている。われわれの検討では、年齢区分が異なるものの、彼らと同様、小児例には女児が多く ($p=0.0027$)、出血

発症が7割以上を占め ($p=0.0019$) ていたが、ナイダスの局在について有意差はみられなかった。出血発症が小児例に多いことについては、成人例に比して脳ドックなどで incidental に発見される機会が少ないことは明らかであり、bias による影響が少なからず関与していると推察される。換言すれば、小児においては出血でもしないかぎり通常脳動静脈奇形が診断されることは困難である。一方、小児例が女児に多いことについては、Nicolato ら¹⁴⁾とわれわれの結果は同様であるが、その理由は不明である。しかし、この点をもって小児例と非小児例を、彼らのいう異なる2つの疾患(two distinct vascular disorders)とするのはいかがであろうか。この点については、さらなる症例の蓄積や、より多数例の解析が必要であろう。

小児脳動静脈奇形に対するガンマナイフの治療成績に関する論文は散見され²⁾¹⁵⁾¹⁸⁾¹⁹⁾、その多くにおいて良好な完全閉塞率と低い合併症リスクが報告されている (Table 4)。また小児例では、成人に比して完全閉塞までの期間が短いことを指摘するものもある¹⁵⁾。手術摘出検体の検討から、小児脳動静脈奇形においては分裂非休止期にある内皮細胞が多いとの報告もあり、これが小児例の良好な放射線反応性に寄与していることも推察される⁸⁾。しかし、われわれの検討では、ガンマナイフ後5年での actuarial obliteration rate は80.0%と良好である

が、完全閉塞までの期間が非小児例に比して有意に短いという結果は得られなかった。ただし、完全閉塞までの期間について考察する際、現実的には、MRIあるいは脳血管撮影により、画像所見として閉塞が確認された日をもって完全閉塞とせざるをえないことに留意する必要がある。つまり、実際に完全閉塞に至ったのがいつなのかを知ることは事実上不可能である。ガンマナイフ後の完全閉塞確認には、可能なかぎり脳血管撮影を行うことが望ましい。MRI上のflow-void消失のみではfalse negativeが多分にありうるためである²⁰⁾。しかし小児では、親が閉塞確認のための血管撮影を躊躇することが少なくない。特に全身麻酔が必要な例においては、児の成長を待つなどの理由により先延ばしになることも多い。当科では、こういった患者あるいは家族に対して無理に血管撮影を勧めることは控えており、結果として本来よりも閉塞に至るまでの期間が長く見積もられている可能性がある。

いうまでもなく、完全閉塞に最も関与する因子は辺縁線量である⁴⁾。しかし、われわれの自験例の多変量解析では、辺縁線量のみが完全閉塞に関与する傾向にはあったが、有意差を得るには至らなかった($p=0.09$)。これは、われわれの症例数が十分でないことや、Fig. 3に示すようないわゆる moyamoya-type⁹⁾のケースで、比較的低線量でも閉塞に至った例が少なからず含まれていることがその一因と推察された。Inoueら⁹⁾は、shunt (fistula) type, moyamoya (diffuse) type, mixed typeの3型に分類し、low flowである moyamoya-typeにおいては、他の2者に比して有意に閉塞率が高く、かつ比較的低線量でも閉塞が期待できることを報告している。

初回治療結果が残念ながら不完全閉塞と判断した場合の再治療のタイミングについては議論のあるところである。照射後3年で完全閉塞が得られない場合にはその時点での再照射を勧める報告¹⁾がみられる一方、3年以後に完全閉塞が得られる例も少なくないことから、5年間は経過観察することを推奨する報告¹⁵⁾もある。われわれは、照射後3年を過ぎてもMRI上のflow-void減少が進行していれば、可能なかぎり経過観察を勧め、MRI上の変化がみられなければ再治療を積極的に考慮している。

自験例では、MRI T2強調画像上の高信号域出現は43例中14例(32.6%)で確認され、この高信号域消失までは平均9.5カ月を要している。このうち4例が症候性であり、痙攣1例、運動麻痺が3例に生じたが、いずれも一過性であった。すなわち症候性脳浮腫は全体の9.3%(43例中4例)に生じたことになるが、これは成人例を中心とした無症候性脳動静脈奇形に対するガンマナイフ

の、われわれの成績と同様であった²¹⁾。すなわち、合併症としての radiation injury の発生リスクは、小児例と非小児例に差はないと推察された。一般に、脳動静脈奇形に対するガンマナイフ治療後のナイドス周辺脳浮腫の出現率は30~50%と決して低いとはいえない^{5~7)}。症候性脳浮腫に対しては適切なステロイドや抗痙攣剤投与が肝要であるが、小児へのステロイド投与は可能なかぎり避けたいと考える。このT2強調画像上の高信号域は一般に一過性ではあるが、その完全な消退には比較的長期間を要し、われわれの小児例での経験では、平均9.5カ月持続している。遅発性嚢胞形成²²⁾やexpanding hematoma¹¹⁾などの長期合併症については、完全閉塞後も注意を要する。自験例ではこれら長期合併症は認められなかったが、完全閉塞後の観察期間が十分であるとはいいがたい。

したがって、Spetzler & Martin gradeが低く、安全な外科的摘出が十分に期待しうる場合には、小児例においても直達手術のほうが望ましいと考える。一方、eloquent areaや深部に存在するナイドス体積が5 ml以下の病変にはガンマナイフがきわめて有効な治療手段であることも間違いない。小児例では生涯出血率は高くなると考えられ¹⁰⁾¹³⁾、ガンマナイフによる積極的治療を考慮すべきである。

文 献

- 1) Baumann GS, Wara WM, Larson DA, Sneed PK, Gutin PH, Ciricillo SE, McDermott MW, Park E, Stalpers LJ, Verhey LJ, Smith V, Petti PL, Edwards MS: Gamma knife radiosurgery in children. *Pediatr Neurosurg* 24: 193-201, 1996.
- 2) Cohen-Gadol AA, Pollock BE: Radiosurgery for arteriovenous malformations in children. *J Neurosurg* 104 (Suppl): 388-391, 2006.
- 3) Crawford PM, West CR, Chadwick DW, Shaw MD: Arteriovenous malformations of the brain: Natural history in unoperated patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 49: 1-10, 1986.
- 4) Flickinger JC, Pollock BE, Kondziolka D, Lunsford LD: A dose-response analysis of arteriovenous malformation obliteration after radiosurgery. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 36: 873-879, 1996.
- 5) Flickinger JC, Kondziolka D, Maitz AH, Lunsford LD: Analysis of neurological sequelae from radiosurgery of arteriovenous malformations: How location affects outcome. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 40: 273-278, 1998.
- 6) Ganz JC, Reda WA, Abdelkarim K, Hafez A: A simple method for predicting imaging-based complications following gamma knife surgery for cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 102 (Suppl): 4-7, 2005.
- 7) Guo WY, Lindquist C, Karlsson B, Kihlström L, Steiner L: Gamma knife surgery of cerebral arteriovenous malformations: Serial MR imaging studies after radiosurgery. *Int J*

- Radiat Oncol Biol Phys* **25** : 315-323, 1993.
- 8) Hashimoto T, Mesa-Tejada R, Quick CM, Bollen AW, Joshi S, Pile-Spellman J, Lawton MT, Young WL: Evidence of increased endothelial cell turnover in brain arteriovenous malformations. *Neurosurgery* **49** : 124-131, 2001.
 - 9) Inoue HK, Ohye C: Hemorrhage risks and obliteration rates of arteriovenous malformations after gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg* **97** (5 Suppl) : 474-476, 2002.
 - 10) Kondziolka D, McLaughlin MR, Kestle JR: Simple risk predictions for arteriovenous malformation hemorrhage. *Neurosurgery* **37** : 851-855, 1995.
 - 11) Kurita H, Sasaki T, Kawamoto S, Taniguchi M, Kitanaka C, Nakaguchi H, Kirino T: Chronic encapsulated expanding hematoma in association with gamma knife stereotactic radiosurgery for a cerebral arteriovenous malformation. Case report. *J Neurosurg* **84** : 874-878, 1996.
 - 12) Maruyama K, Kawahara N, Shin M, Tago M, Kishimoto J, Kurita H, Kawamoto S, Morita A, Kirino T: The risk of hemorrhage after radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations. *N Engl J Med* **352** : 146-153, 2005.
 - 13) Mast H, Young WL, Koennecke HC, Sciacca RR, Osipov A, Pile-Spellman J, Hacin-Bey L, Duong H, Stein BM, Mohr JP: Risk of spontaneous haemorrhage after diagnosis of cerebral arteriovenous malformation. *Lancet* **350** : 1065-1068, 1997.
 - 14) Nicolato A, Lupidi F, Sandri MF, Foroni R, Zampieri P, Mazza C, Maluta S, Beltramello A, Gerosa M: Gamma knife radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations in children/adolescents and adults. Part I: Differences in epidemiologic, morphologic, and clinical characteristics, permanent complications, and bleeding in the latency period. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **64** : 904-913, 2006.
 - 15) Nicolato A, Lupidi F, Sandri MF, Foroni R, Zampieri P, Mazza C, Pasqualin A, Beltramello A, Gerosa M: Gamma Knife radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations in children/adolescents and adults. Part II: Differences in obliteration rates, treatment-obliteration intervals, and prognostic factors. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* **64** : 914-921, 2006.
 - 16) Ogilvy CS, Stieg PE, Awad I, Brown RD Jr, Kondziolka D, Rosenwasser R, Young WL, Hademenos G; Special Writing Group of the Stroke Council, American Stroke Association: AHA Scientific Statement: Recommendations for the management of intracranial arteriovenous malformations: A statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Stroke Association. *Stroke* **32** : 1458-1471, 2001.
 - 17) Pollock BE, Gorman DA, Coffey RJ: Patient outcomes after arteriovenous malformation radiosurgical management: results based on a 5- to 14-year follow-up study. *Neurosurgery* **52** : 1291-1296, 2003.
 - 18) Reyns N, Blond S, Gauvrit JY, Touzet G, Coche B, Pruvo JP, Dhellemmes P: Role of radiosurgery in the management of cerebral arteriovenous malformations in the pediatric age group: data from a 100-patient series. *Neurosurgery* **60** : 268-276, 2007.
 - 19) Shin M, Kawamoto S, Kurita H, Tago M, Sasaki T, Morita A, Ueki K, Kirino T: Retrospective analysis of a 10-year experience of stereotactic radio surgery for arteriovenous malformations in children and adolescents. *J Neurosurg* **97** : 779-784, 2002.
 - 20) Shin M, Maruyama K, Kurita H, Kawamoto S, Tago M, Terahara A, Morita A, Ueki K, Takakura K, Kirino T: Analysis of nidus obliteration rates after gamma knife surgery for arteriovenous malformations based on long-term follow-up data: The University of Tokyo experience. *J Neurosurg* **101** : 18-24, 2004.
 - 21) 周藤 高, 藤野英世, 猪森茂雄, 永野尚登: 無症候性脳動静脈奇形に対するガンマナイフ治療. 脳卒中の外科 **34** : 265-269, 2006.
 - 22) Yamamoto M, Jimbo M, Hara M, Saito I, Mori K: Gamma knife radiosurgery for arteriovenous malformations: Long-term follow-up results focusing on complications occurring more than 5 years after irradiation. *Neurosurgery* **38** : 906-914, 1996.

要 旨

小児脳動静脈奇形に対するガンマナイフ治療

周藤 高 松永 成生 末永 潤
猪森 茂雄 藤野 英世

当科にてガンマナイフを行った小児脳動静脈奇形の治療成績を検討した。男児 15 例, 女児 28 例の 43 名, 平均年齢は 11.7 歳, フォローアップ期間は 24~144 カ月 (中央値: 49 カ月) であった。照射時のナイダス体積は平均 4.5 ml, 辺縁線量は平均 19.9 Gy, Spetzler & Martin (S-M) grade は I : 11 例, II : 13 例, III : 14 例, IV : 5 例であった。照射後 3 年での累積完全閉塞率は 50.0%, 5 年で 80% であった。ナイダス体積別の閉塞率は 5 ml/未満が 82.1%, 5~10 ml/ が 55.6%, 10 ml/ 以上が 50% であった。S-M grade と閉塞率に相関はみられず, 多変量解析において辺縁線量のみが完全閉塞に関与する傾向にあったが, 有意差を得るには至らなかった。経過中, MRI T2 強調画像上の高信号域出現は, 43 例中 14 例で照射後平均 14.5 カ月に確認され, この高信号域消失までは平均 9.5 カ月を要した。うち 4 例が症候性で運動麻痺が 3 例, 痙攣が 1 例に生じたが, いずれも一過性であった。周辺脳浮腫を生じた 14 例のうち 8 例 (57.1%) で一時的にステロイドを使用した。ガンマナイフ後の出血は 3 例 (7.0%) に生じたが, 嚢胞形成などの長期合併症はみられず, 永続的な神経学的合併症も生じなかった。われわれの経験から, S-M grade が低く安全な外科的摘出が十分に期待しうる場合には, 小児例においても直達手術のほうが望ましいと考える。一方, eloquent area や深部に存在するナイダス体積が 5 ml/以下の病変にはきわめて有効な治療手段であり, ガンマナイフによる積極的治療を考慮すべきである。

脳外誌 17 : 130-136, 2008